



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA  
FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ENERGIZAR CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EN EL  
SALÓN COMUNAL DE LA FINCA SAN RICARDO EN EL MUNICIPIO DE PATULUL EN EL  
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

**Ervin Edel López Culpatán**

Asesorado por el Msc. Ing. Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes

Guatemala, enero de 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA  
FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ENERGIZAR CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EN EL  
SALÓN COMUNAL DE LA FINCA SAN RICARDO EN EL MUNICIPIO DE PATULUL EN EL  
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ERVIN EDEL LÓPEZ CULPATÁN**

ASESORADO POR EL MSC. ING. CARLOS ALBERTO NAVARRO FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, ENERO DE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Brian Enrique Chicol Morales
EXAMINADOR	Ing. Edgar Yanuario Laj
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ENERGIZAR CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EN EL SALÓN COMUNAL DE LA FINCA SAN RICARDO EN EL MUNICIPIO DE PATULUL EN EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha de agosto de 2021.

**Ervin Edel López Culpatán**



**EEPFI-PP-0618-2022**

Guatemala, 26 de abril de 2022

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ENERGIZAR CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EN EL SALÓN COMUNAL DE LA FINCA SAN RICARDO EN EL MUNICIPIO DE PATULUL EN EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y uso eficiente de la energía - Formulación y evaluación de proyectos energéticos**, presentado por el estudiante **Ervin Edel López Culpatán** carné número **201313934**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes  
Asesor(a)

**Carlos Alberto Fernando Navarro Fuentes**  
Ingeniero Electricista  
Colegiado 8339

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería







EEP-EIME-0618-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ENERGIZAR CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EN EL SALÓN COMUNAL DE LA FINCA SAN RICARDO EN EL MUNICIPIO DE PATULUL EN EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Ervin Edel López Culpatán**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

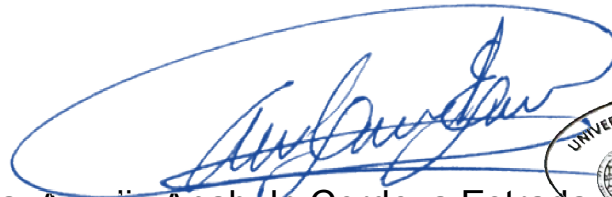
A handwritten signature in black ink is written over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, abril de 2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA EL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO PARA ENERGIZAR CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN EN EL SALÓN COMUNAL DE LA FINCA SAN RICARDO EN EL MUNICIPIO DE PATULUL EN EL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por: **Ervin Edel López Culpatán**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por su voluntad, sus bendiciones y la sabiduría que me acompañan en todo momento.
- Mi madre** Estela Culpatán, que con su amor, apoyo y consejo ha sido determinante para alcanzar cada logro en mi vida.
- Mis hermanos** Edel López, por ser una inspiración en mi vida y poder contar siempre con su amistad y a Walter Mazariegos por su apoyo y cariño.
- Mi novia** Yakelin García, por el cariño, apoyo incondicional y por siempre creer en mis sueños.
- Mis amigos** Fredy Merida, Javier Berganza, José Flores y Samuel Luna, por el apoyo y compartir maravillosos momentos en esta tan linda etapa.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por formarme académicamente y ser mi segundo hogar.
<b>Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería</b>	Por brindar un enriquecimiento académico a grandes profesionales
<b>Mi asesor</b>	Msc. Ing. Carlos Navarro por su valioso apoyo en realizar este trabajo y compartir con mi persona excelentes enseñanzas de vida.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Descripción del problema .....	7
3.2. Formulación del problema .....	7
3.3. Delimitación del problema.....	8
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos.....	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Energía que proviene del sol .....	17
7.1.1. Radiación solar .....	17



7.1.2.	Radiación directa.....	18
7.1.3.	Radiación difusa.....	18
7.1.4.	Irradiación solar.....	19
7.1.5.	Insolación solar .....	19
7.1.6.	Radiación de albedo.....	19
7.1.7.	Efecto fotoeléctrico.....	20
7.1.8.	Efecto fotovoltaico .....	21
7.2.	Sistemas fotovoltaicos.....	21
7.2.1.	Paneles solares.....	22
7.2.2.	Baterías.....	24
7.2.3.	Regulador de carga.....	26
7.2.4.	La carga .....	27
7.2.5.	Sistema fotovoltaico aislado.....	27
7.2.6.	Convertidores de potencia.....	29
7.2.7.	Energía eléctrica .....	29
7.3.	Prefactibilidad.....	29
7.3.1.	Estudio de mercado .....	30
7.3.2.	Estudio financiero.....	31
7.3.3.	Tiempo de recuperación.....	32
7.3.4.	Estudio técnico del proyecto.....	33
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	35
9.	METODOLOGÍA .....	37
9.1.	Tipos de estudio de investigación.....	37
9.2.	Fases de investigación .....	38
9.2.1.	Primera fase (revisión bibliográfica) .....	39
9.2.2.	Segunda fase (recopilación de datos de campo y documentación) .....	39

9.2.3.	Tercera fase (evaluaciones y análisis).....	39
9.2.4.	Cuarta fase (análisis e interpretación de resultados) .....	40
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	41
11.	CRONOGRAMA.....	43
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	45
13.	REFERENCIAS.....	47



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Radiación directa y difusa .....	18
2.	Efecto fotoeléctrico .....	20
3.	Tipos de paneles fotovoltaicos .....	23
4.	Diagrama de funcionamiento de una celda fotovoltaica .....	24
5.	Baterías de ciclo profundo.....	25
6.	Batería cargada y descargada correspondientemente .....	26
7.	Controladores de carga .....	27
8.	Cronograma de actividades.....	43

### TABLAS

I.	Variables .....	38
II.	Presupuesto propuesto .....	45



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Ah</b>	Amperio-hora
<b>A</b>	Amperio
<b>CA</b>	Corriente alterna
<b>CD</b>	Corriente directa
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>Cd</b>	Intensidad luminosa
<b>kWh</b>	Kilovatio hora
<b>kW</b>	Kilovatio
<b>W/m<sup>2</sup></b>	La unidad de medida es vatios por metro cuadrado
<b>m</b>	Metros
<b>V</b>	Potencial eléctrico
<b>Ws</b>	Potencia tiempo
<b>watts</b>	Vatio



## GLOSARIO

<b>Autosostenible</b>	El desarrollo autosostenible reúne tres aristas interdependientes: economía, medio ambiente y sociedad, relación que se traduce en desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente, es decir, desarrollo soportable en lo ecológico, viable en lo económico, y equitativo en lo social.
<b>Circuitos de iluminación</b>	Es un conjunto de diodos led, de modo que, aplicando una señal sinusoidal de muy baja frecuencia en la entrada, se enciendan un número de leds proporcional a la amplitud de la misma. El circuito, una vez montado, deberá simular el comportamiento de los indicadores de volumen de los equipos de alta fidelidad (vu-metros), en forma de barra luminosa.
<b>Energía eléctrica</b>	Energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos.
<b>Factible</b>	Quiere decir que se puede hacer y tiene un lugar donde la acción ocurre.
<b>Fotovoltaico</b>	La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar.



<b>Iluminación</b>	Es la acción o efecto de iluminar cualquier espacio. Sin embargo, técnicamente, el término iluminación consiste en la transformación de energía eléctrica en radiación electromagnética visible por medio de dispositivos que se utilizan para producir efectos luminosos.
<b>Insolación</b>	Es la cantidad de energía en forma de radiación que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o un año (insolación anual).
<b>Led</b>	Un diodo emisor de luz o led en 1 (también conocido por la sigla Led, del inglés light-emitting diode).
<b>Luminaria</b>	Iluminación o conjunto de luces de un lugar, especialmente la que se coloca en señal de fiesta.
<b>Optimizar</b>	Conseguir que algo llegue a la situación óptima o dé los mejores resultados posibles.
<b>Prefactibilidad</b>	Es más que un análisis preliminar de una idea ya establecida para poder determinar si para el equipo de personas responsable es viable y, así, convertirla en un respectivo proyecto. Esto se aplica tanto en el ámbito empresarial como comercial.
<b>Radiación</b>	Es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material. Existen diferentes

formas de radiación con propiedades y efectos distintos.

**Sistema solar**

Es el sistema planetario que liga gravitacionalmente a un conjunto de objetos astronómicos que giran directa o indirectamente en una órbita alrededor de una única estrella conocida con el nombre de Sol.

**Vatio**

Es la proporción por unidad de tiempo, o ritmo, con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico, cuando una corriente de 1 amperio (A) circula con una diferencia de potencial de 1 voltio (V). Al ser magnitudes vectoriales, en corriente alterna 1 vatio no equivale a 1 voltamperio pues esta nos indica la potencia aparente del circuito.

**Voltamperio**

El voltiamperio, de símbolo VA y también llamado voltamperio, volt-ampere, volt-amperio, y voltio-amperio, es la unidad de la potencia aparente y de la potencia compleja de un aparato eléctrico. También se usa a menudo para la potencia reactiva, aunque la unidad recomendada para esta magnitud es el voltamperio reactivo. Dimensionalmente se corresponde con el vatio.



## RESUMEN

El presente trabajo muestra una propuesta del sistema fotovoltaico aislados de la red, este es el conjunto de elementos que son capaces de realizar suministro de electricidad para cubrir las necesidades planteadas a partir de la energía procedente del sol, el sistema Fotovoltaico está constituido por un conjunto de componentes básicos: paneles fotovoltaicos, regulador, baterías eléctricas, inversor y cargas.

Partiendo del problema que la unidad objeto de estudio cuenta con un salón comunal donde se llevan a cabo diferentes eventos importantes para la comunidad, desde festividades hasta votaciones, eventos que llegan a realizarse con la poca iluminación proveniente de velas o la cancelación de estas por falta de energía eléctrica estable y de calidad. Se determinó que la comunidad no cuenta con otra fuente de energía eléctrica además de la proveniente del servicio eléctrico, causando la falta de energía eléctrica necesaria para alimentar los circuitos de iluminación, que es de suma importancia para realizar las diferentes actividades de la comunidad.

Es por ello que se propone este sistema con el objetivo que suministre energía suficiente para los circuitos de iluminación, además de tomar en cuenta el cambio a luminarias de bajo consumo, esto para aprovechar el recurso energético que provee el sol con la irradiación.



# 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos aislados se descartan por el mal pensamiento de no ser viables, sin embargo esto no es así, en la actualidad con los avances tecnológicos, contamos con un amplio catálogo de componentes y proveedores haciendo este un buen escenario para la implementación de proyectos fotovoltaicos aislados de la red, el diseño de un sistema fotovoltaico aislado de red ya es por sí solo atractivo para solucionar diferentes problemas, producidos por el servicio eléctrico intermitente, la baja calidad del servicio eléctrico.

La usencia de servicio eléctrico o para realizar proyectos autosostenibles, siendo este de un diseño de un sistema fotovoltaico aislado para energizar los circuitos de iluminación y usar el servicio eléctrico existente para tomacorrientes, haciendo así un sistema mixto, obteniendo ahorro económico y la seguridad de contar con la iluminación necesaria para realizar las diferentes asambleas de la comunidad.

Actualmente proveer de servicio eléctrico estable y de buena calidad a pablados dispersos es una tarea difícil o hasta inviable, la comunidad en la finca San Ricardo del municipio de Patulul cuenta con un salón comunal que es muy importantes para la comunidad organizada, ya que en este salón comunal se realizan asambleas, toma de decisiones importantes para la comunidad y festejos, el no contar con un servicio de electricidad estable ha provocado el realizar estas actividades con la luz de las velas y hasta cancelarlas.

El propósito de esta investigación es plantear un estudio de prefactibilidad, investigación que proporcionará diferentes análisis, necesarios para considerar

la implementación de un proyecto fotovoltaico aislado, esto para alimentar los circuitos de iluminación y así no depender del servicio eléctrico para tener iluminación en el salón comunal.

Los sistemas fotovoltaicos son de sencillo mantenimiento, y sus componentes tienen una vida útil muy larga, que van de 8 a 10 años, siendo este un diseño destinado a energizar los circuitos de iluminación con menos componentes que un sistema fotovoltaico completo, por lo que los costos son menores. En la actualidad en Guatemala hay una gran variedad de proveedores de equipo para este tipo de proyectos, de manera que se puede optimizar a las características de las necesidades.

Se describirá las definiciones de radiación, energía fotovoltaica, sistema fotovoltaico y sistema fotovoltaico aislado, dado a recopilar la información técnica, se analizará las definiciones de prefactibilidad, estudio de mercado, estudio técnico y modelo financiero, consecuente a esto hacer una evaluación de la prefactibilidad del proyecto.

## 2. ANTECEDENTES

En la actualidad se le ha estado dando el interés a las fuentes de energía renovable, por la problemática ambiental que se vive y por lo viable que llegan a hacer estos proyectos energéticos, existen una gran cantidad de estudios de proyectos fotovoltaicos, los proyectos fotovoltaicos aislado son un muy buena solución para las necesidades de obtener energía eléctrica en lugares de muy difícil acceso, además son prácticos para implementar como fuente de energía eléctrica para dispositivos electrónicos autosostenibles, (Contreras, 2018).

A continuación, se presentan algunas investigaciones que sustentan a esta investigación de prefactibilidad mencionando sus principales aportes.

La investigación Sistema fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en el servicio de alumbrado general de condominios, propone el implementar un suministro de energía eléctrica proveniente de un sistema fotovoltaico para alimentar el servicio de alumbrado general de condominios, menciona la investigación que promoviendo la implementación de sistemas mixtos, en las ciudades habría ahorros económicos y soluciones para ciudades menos favorecidas, (Lagos, 2015).

En esta investigación los resultados obtenidos, fueron de beneficio económico muy notorios durante el año, y se pudo trabajar en el problema de iluminación en los pasillos condominio, confirmando que es un proyecto factible, con impactos positivos económica y ambientalmente.



En la investigación titulada Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas, describe cómo se puede optimizar la generación de energía eléctrica provenientes de las celdas fotovoltaicas, existe una problemática en el país de Perú, en este país se le denomina altoandinas a esas comunidades que sitúan a una gran altura sobre el nivel del mar, haciendo muy difícil la tarea de suministrar energía eléctrica a estas viviendas, habiendo un 30 % de esta población sin energía eléctrica, sin embargo la región de Junín la radiación es alta, esta sobrepasa los 6 kWh/día, favorable para la implementación de proyectos fotovoltaico, por lo que se plantea optimizar los diversos factores del sistema solar fotovoltaico esto para satisfacer la necesidad de energía eléctrica (Clemente, 2014).

Realizado el estudio y optimizado las diferentes variables de un sistema solar fotovoltaico se eligió un panel fotovoltaico de 85 Wp, una batería de 60 Ah, un controlador de carga de 10 A, el cual arrojó un promedio entre 40.37 Wh y 48.55 Wh, suficiente para suministrar energía eléctrica a los circuitos de iluminación de una casa promedio de la región de Junín.

En el artículo científico titulado Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la generación de energía eléctrica en escuelas rurales de Norte de Santander, menciona que el objetivo de esta investigación es el elaborar un diseño de un sistema fotovoltaico aislado enfocado en las escuelas rurales de Norte de Santander, esto ya que existen una gran cantidad de escuelas que carecen de suministro de energía eléctrica, una gran cantidad de países en vías de desarrollo cuentan con programas para suministrar de energía eléctrica estos poblados, pero los altos costos y la poca voluntad política hace que esto no sea de motivación para los servidores públicos, las escuelas situadas en la vereda de San Miguel del municipio de Sardinata cuentan con servicio de energía eléctrica

intermitente, lo que ocasiona que no se puedan utilizar herramientas tecnológicas para facilitar la enseñanza o no contar con iluminación, por lo que un sistema fotovoltaico aislado sería de mucha ayuda en tratar estos puntos en las escuelas de esta zona rural (Cardozo y Sánchez, 2017).

Se obtuvo resultados alentadores, el implementar un sistema fotovoltaico aislado de menor inversión para la escuela rural es viable, ya que se cuenta con buenas condiciones de radiación solar y los componentes seleccionados tienen mantenimiento mínimo y su duración está entre 8 y 10 años, otorgando independencia energética a la escuela durante ese tiempo.

La investigación titulada Diseño de un Sistema Fotovoltaico Aislado de la Red Eléctrica Orientado al Sector Doméstico, plantea un diseño para un sistema fotovoltaico aislado, utilizando un programa matemático como MATLAB y programas de simulación como Simetrix y Simulink, correspondientemente, para suministrar de energía eléctrica al sector doméstico, la topología utilizada para este diseño contempla el uso de cuatro paneles fotovoltaicos para recargar las baterías y seis paneles adicionales para la alimentación diurna de la casa habitación, se analiza una comparación de las posibles conexiones de los paneles fotovoltaicos para recargar las baterías para observar los niveles que se pueden alcanzar, para esto se detalló el consumo eléctrico de todos los aparatos usados en la casa habitación (Escalante, 2020).

Esta será una fuente de gran utilidad por los diferentes programas utilizados, esto para diseñar un sistema fotovoltaico aislado y tener un mejor análisis en la etapa de dimensionamiento.

En el artículo científico titulado Diseño de iluminación solar fotovoltaico para el campo deportivo multipropósito en la UDFJC Sede Famarena, presenta

un diseño de un sistema fotovoltaico que cumpla los reglamentos técnicos de Colombia para iluminación y alumbrado público, esto pensado para un escenario deportivo recreativo y multipropósito, para esto se utilizó un conjunto de programas, así como el DIALux para el diseño de iluminación en exteriores, Google Earth para determinar la ubicación geográfica y, NASAPOWER con el que se pueden obtener datos acerca de la radiación solar en un punto determinado, el diseño cuenta con 4 luminarias, cada una de 8 metros de altura y bombillas led de 300 watts-hora (DC), el proyecto plantea energizar las 4 luminarias con un sistema fotovoltaico aislado de corriente continua de 3600 W/hora (Caicedo, 2020).

Se consiguieron los parámetros de diseño adecuados con una bombilla led de 300 watts/hora, alimentado por corriente directa a 24 V, para el consumo total de las 4 luminarias se estima un consumo de 19200 watts-día tomando en cuenta que funcionara el alumbrado por 12 horas, esto para obtener una iluminación media de 88 luxes.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Dado el alto costo de la transmisión y distribución de la energía eléctrica en Guatemala, muchas comunidades en el interior del país sufren con servicio eléctrico intermitente o de baja calidad y muchas otras comunidades sin tener acceso al servicio de energía eléctrica por no ser viable para las empresas.

#### **3.1. Descripción del problema**

La comunidad de la finca San Ricardo en el municipio Patulul en el departamento de Suchitepéquez, cuenta con un salón comunal donde se lleva a cabo diferentes eventos importantes para la comunidad, desde festividades hasta votaciones, eventos que llegan a realizarse con la poca iluminación proveniente de velas o la cancelación de estas por falta de energía eléctrica estable y de calidad.

La comunidad no cuenta con otra fuente de energía eléctrica además de la proveniente del servicio eléctrico, ocasionando la falta de energía eléctrica necesaria para alimentar los circuitos de iluminación, iluminación necesaria para realizar las diferentes actividades de la comunidad organizada cuando la energía eléctrica proveniente del servicio eléctrico no sea.

#### **3.2. Formulación del problema**

Para el desarrollo de esta investigación se realizaron las siguientes preguntas.

- **Pregunta central**

¿Será pre-factible la implementación de un sistema fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal de la finca San Ricardo en el municipio de Patulul en el departamento de Suchitepéquez?

- **Preguntas auxiliares**

- ¿Cuál es el conocimiento y aceptación de un proyecto fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal por parte de los habitantes de la Finca San Ricardo?
- ¿Qué requerimientos técnicos serán necesarios para la implementación de un proyecto fotovoltaico aislado en la finca San Ricardo?
- ¿Será financieramente viable un proyecto fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal la finca San Ricardo?
- ¿Podrá el proyecto fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal de la finca San Ricardo tener un impacto ambiental en el sector?

### **3.3. Delimitación del problema**

El objetivo de esta investigación se encuentra en diseñar un sistema fotovoltaico aislado, que suministre energía suficiente para los circuitos de

iluminación, además de tomar en cuenta el cambio a luminarias de bajo consumo, esto para aprovechar el recurso energético que provee el sol con la irradiación.

Un sistema fotovoltaico aislado demuestra ser la mejor opción para abastecer de energía eléctrica a los circuitos de iluminación, iluminación importante en el salón comunal de la finca, ya que una gran cantidad de eventos importantes son ejecutados en el salón comunal, sin mencionar que la comunidad está organizada y realizan votaciones para tomar diferentes decisiones en el salón comunal, eventos que se realizan con la poca luz de la tarde o se cancelan por el servicio de energía eléctrica intermitente.



## 4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación de protocolo como trabajo de graduación se rige bajo los requerimientos de la Maestría de Energía y Ambiente de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, bajo las siguientes líneas de investigación:

Área energética:

- Gestión y uso eficiente de la energía
- Formulación y evaluación de proyectos energéticos
- Energías renovables
- Diseño y operación de proyectos eólicos y solares

Este trabajo de investigación de un diseño de un sistema fotovoltaico aislado realiza un estudio de prefactibilidad y presentar un análisis para posteriormente realizar un estudio de factibilidad y su implementación, haciendo evidencia que se encuentra en la línea de investigación de Formulación y evaluación de proyectos energéticos y la línea de investigación de Diseño y operación de proyectos eólicos y solares.

Esta investigación al completarse planteará las condiciones para realizar un estudio de factibilidad y su posible implementación, al ser un sistema fotovoltaico aislado permite el generar energía eléctrica limpia y estable, esto sin depender del proveedor del servicio de energía eléctrica para los circuitos de iluminación.



El estudio beneficia a los habitantes de la comunidad de la finca San Ricardo, ya que se planteará si es una solución a los problemas energéticos del salón comunal y presentará las bases para su implementación. De igual forma al realizar un estudio de un diseño con estas características ayudará a dar a conocer los sistemas fotovoltaicos aislado los cuales pueden implementarse en una gran variedad de necesidades en la misma finca, necesidades como implementarse en instalaciones domiciliarias, riego, bombas de agua, alarmas, entre otros.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Realizar un estudio de prefactibilidad de un sistema fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal de la finca San Ricardo en el municipio de Patulul en el departamento de Suchitepéquez.

### **5.2. Específicos**

- Definir un estudio de mercado en la finca San Ricardo para identificar el conocimiento y la aceptación de los habitantes en ejecutar un proyecto fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal.
- Establecer un estudio técnico que permita determinar la implementación de un proyecto fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal por parte de los habitantes de la finca San Ricardo.
- Determinar la viabilidad financiera de un proyecto fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal de la finca San Ricardo.
- Analizar el impacto ambiental se puede tener en la finca San Ricardo al ejecutar un proyecto fotovoltaico aislado para energizar circuitos de iluminación en el salón comunal.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

La presente investigación ayudará a promover la implementación de sistemas fotovoltaicos aislados, esto traerá beneficios económicos y ambientales, el usar la energía eléctrica proveniente de un sistema fotovoltaico para la iluminación del salón comunal, ayudará a seguridad energética de la comunidad, además que promoverá los proyectos fotovoltaicos, esto podría ayudar a las poblaciones dispersas a contar con energía eléctrica y a las poblaciones con servicio eléctrico el generar una ganancia después de unos años, esto dando beneficios a las familias, ya que el acceso a la energía eléctrica es muy importante para el desarrollo de un país y cambiar su calidad de vida.

El estudio de prefactibilidad propondrá el utilizar un sistema fotovoltaico aislado como fuente de alimentación para los circuitos de iluminación, esto planteará las bases para su implementación trayendo beneficios como la seguridad de contar con iluminación en un lugar tan importante en la comunidad, así como lo es el salón comunal.

Actualmente no se cuenta con proyectos fotovoltaicos en la comunidad ni con algún estudio acerca de la implementación de un sistema fotovoltaico aislado, este estudio de prefactibilidad analizará las oportunidades que un proyecto de estos se pueda ejecutar.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Energía que proviene del sol**

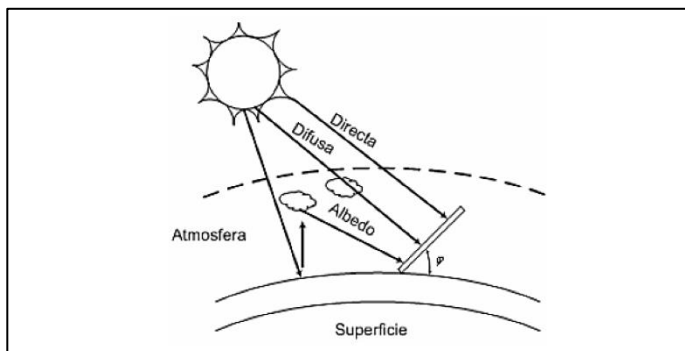
Nuestra fuente de energía principal en nuestro planeta es el sol, nos provee de luz, calor, viento y muchas más otras formas de energía, es evidente que el ser humano existe gracias a las condiciones proporcionadas por este astro, además de utilizar estas formas de energías para su beneficio, según Bautista (2013) menciona que ha brillado en el cielo entre 4,567.9 y 4,570.1 millones de años, y se estima que todavía está a la mitad de su existencia.

Una muy poca parte de la energía proveniente del sol no es aprovechada, encontrando en el sol una fuente de energía inagotable, esto hace que se realicen investigaciones para ser más eficiente la captación de esta energía y el innovar con proyectos que utilicen energía proveniente del sol.

#### **7.1.1. Radiación solar**

El sol se mantiene en un proceso llamado fusión nuclear, en este proceso se combina el hidrógeno y el helio, liberando grandes cantidades de energía que viajan a través del espacio, debido a esta elevada temperatura éste emite energía en forma de radiación electromagnética a la cual se le denomina radiación solar (Bautista, 2013).

Figura 1. **Radiación directa y difusa**



Fuente: Lagos, (2015). *Sistema Fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica*.

La radiación solar proviene del sol como se menciona en su nombre, esta viaja en el vacío del espacio hasta llegar a la tierra, esta radiación viaja en forma de onda electromagnética y un porcentaje de esta es reflejada por la atmósfera gracias a sus gases de efecto de invernadero, el resto de la radiación solar es absorbida por el planeta, en sistemas fotovoltaicos se mide la irradiación en potencia por superficie.

### **7.1.2. Radiación directa**

La radiación directa proviene del sol y esta no tiene desvío por su paso por la atmósfera, siendo esta la que se aprovecha en los sistemas fotovoltaicos en la parte de los paneles solares.

### **7.1.3. Radiación difusa**

La radiación difusa proviene del sol la cual se desviada por los gases en la atmósfera haciendo que esta radiación se difumine, indirectamente llega a los paneles solares pero su aprovechamiento es menor.

#### **7.1.4. Irradiación solar**

Así como lo explica Peñafiel y Silva (2012) la irradiación solar es la cantidad de radiación solar que hay en una superficie, la unidad de medida en el sistema internacional de la irradiación es  $W/m^2$ .

#### **7.1.5. Insolación solar**

Es definida en la investigación titulada Sistema fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en el servicio de alumbrado general de condominios, como la insolación corresponde a la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día correcto (insolación diurna) o en un año (insolación anual), en otras palabras, es la energía radiante que incide en una superficie de área conocida en un intervalo de tiempo dado, su unidad es el Watts – hora por metro cuadrado ( $Wh/m^2$ ), también se expresan en hora punta solar (HPS), equivalente a la energía recibida durante un tiempo determinado, por otra parte las condiciones atmosféricas que afectan radicalmente a la incidencia de la radiación solar sobre un captador solar, este es, el movimiento aparente del sol a lo largo del día y a lo largo del año, (Lagos, 2015), dado el párrafo anterior entendemos que la insolación es la irradiación por un intervalo de tiempo.

#### **7.1.6. Radiación de albedo**

La radiación de albedo proviene del sol la cual es reflejada por el planeta tierra, esta radiación rebota en el planeta y llega indirectamente a los paneles solares, llega a despreciarse en algunos diseños fotovoltaicos ya que su aprovechamiento es muy poco.

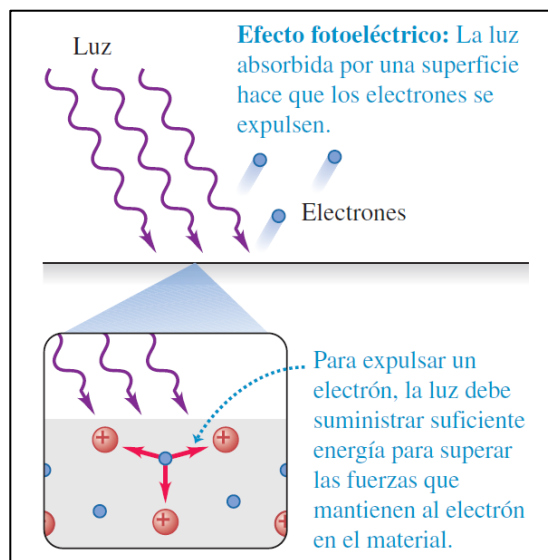


### 7.1.7. Efecto fotoeléctrico

En el libro titulado Física universitaria con física moderna define el efecto fotoeléctrico como un fenómeno que da idea de la naturaleza de la luz es el efecto fotoeléctrico, en el cual un material emite electrones de su superficie cuando esta se ilumina para escapar de la superficie, el electrón debe absorber energía suficiente de la luz incidente para superar la atracción de los iones positivos del material, por lo que se forma una barrera de energía potencial. La luz suministra el impulso que permite que los electrones escapen de la barrera (Young y Freedman, 2013).

Gracias a este efecto tenemos hoy en día muchos dispositivos muy útiles, por ejemplo: las cámaras digitales y dispositivos de visión nocturna funcionan gracias a este efecto.

Figura 2. Efecto fotoeléctrico



Fuente: Young y Freedman, (2013). *Física universitaria con física moderna*.

### **7.1.8. Efecto fotovoltaico**

En 1839 Becquerel realizó experimentos y llegó a observar que, a ciertos materiales, al proporcionarles luz, estos materiales producían corriente eléctrica, hoy en día a esto se le es llamado efecto fotovoltaico y es el eje del funcionamiento de los paneles solares en los sistemas fotovoltaicos (Bautista, 2013).

### **7.2. Sistemas fotovoltaicos**

Cuando se habla de un sistema fotovoltaico, se hace entender en todos los dispositivos necesarios para la generación de energía eléctrica proveniente del sol, componentes que pueden variar según la necesidad o la aplicación.

Según lo menciona Chercca (2014) en la investigación titulada Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el poblado rural la gramita de casma, define sistema solar fotovoltaico como un sistema fotovoltaico es el conjunto de elementos que son capaces de realizar suministro de electricidad para cubrir las necesidades planteadas a partir de la energía procedente del sol, el sistema fotovoltaico está constituido por un conjunto de componentes básicos: paneles fotovoltaicos, regulador, baterías eléctricas, inversor y cargas,.

Según explica Chercca (2014) por el anterior párrafo, se concluye que un sistema fotovoltaico son todos los dispositivos y componentes necesarios para generar energía eléctrica con la radiación del sol.

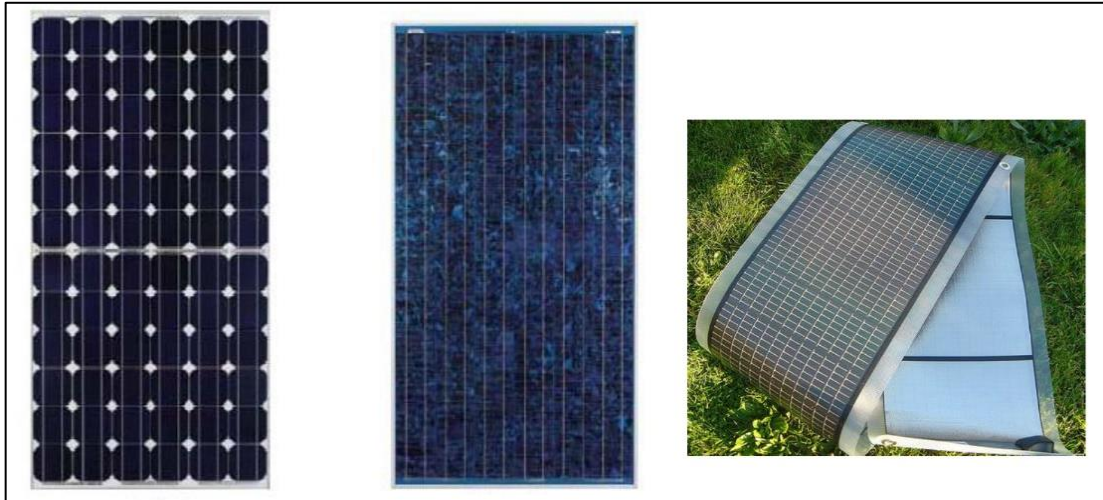
Los sistemas fotovoltaicos son utilizados para satisfacer las necesidades de energía eléctrica a viviendas en donde no se cuente con servicio de energía eléctrica de un proveedor o se cuente con un servicio inestable.

### **7.2.1. Paneles solares**

Los paneles solares o también llamados módulos fotovoltaicos, utilizan la radiación solar proveniente del sol para la generación de energía eléctrica, efecto que definimos anteriormente como efecto fotovoltaico, así como lo explica Salto (2018) describe el panel solar monocristalino de esta manera obtenido del silicio puro fundido embrutecido con boro, se le reconoce por su monocromía azulada oscura y romboide metálica posee un mayor rendimiento.

Existen tres tipos de paneles, están los de silicio monocristalino, se pueden distinguir por su color azul homogéneo, luego están los paneles de silicio policristalino, los cuales son menos eficientes que los de silicio monocristalino sin embargo son más baratos, y por ultimo los paneles de silicio amorfo, los cuales son hechos de tal manera que sean flexibles, estos son de eficiencia baja (Bautista, 2013).

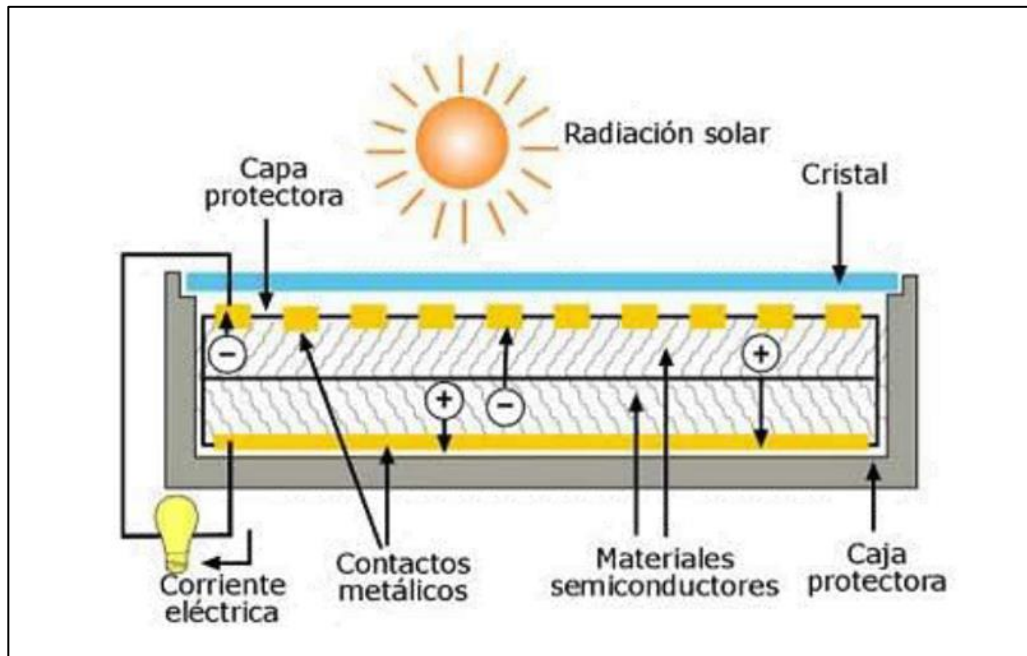
Figura 3. **Tipos de paneles fotovoltaicos**



Fuente: Bautista, (2013). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico y fototérmico para el desarrollo de prácticas en la U.T.P.*

Los paneles o módulos fotovoltaicos, también conocidos como paneles solares o placas solares, están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz solar que incide sobre ellas mediante el efecto fotoeléctrico (Escalante, 2020).

Figura 4. Diagrama de funcionamiento de una celda fotovoltaica



Fuente: Escalante, (2020). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico y fototérmico*.

### 7.2.2. Baterías

Baterías o colectores, son dispositivos que pueden almacenar energía eléctrica, hay de varios tipos, las baterías utilizadas en los sistemas fotovoltaicos aislados son de ciclo profundo. Caicedo (2020) recomienda que es necesario no exponer las baterías a una profundidad de descarga mayor al 30 % con esto tendremos una duración en las baterías de hasta 4 años.

Figura 5. **Baterías de ciclo profundo**

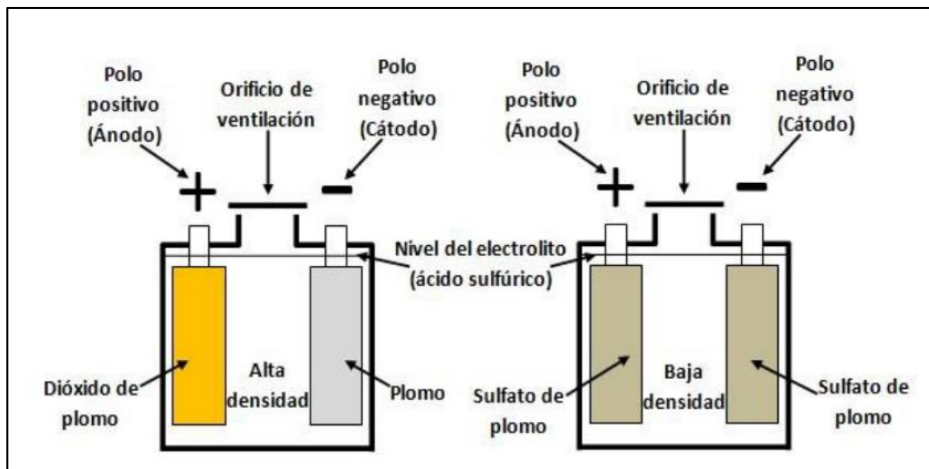


Fuente: Bautista, (2013). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico y fototérmico para el desarrollo de prácticas en la U.T.P.*

Las baterías son el componente principal en un sistema fotovoltaico aislado, gracias a las baterías podemos guardar energía para esos momentos donde no haya radiación solar en los paneles solares y se necesite energía eléctrica, denominado también batería, una batería guarda en su interior una cantidad considerablemente pequeña de energía eléctrica, hablando de su fabricación, esta es de costo alto si lo comparamos con la capacidad de energía eléctrica, el tiempo de vida de una batería es corto, esto si lo comparamos al ciclo de vida de las demás partes del sistema fotovoltaico aislado y se debe considerar que los desechos de que una batería genera son muy contaminantes, en el diseño de una instalación donde sea necesario la implementación de baterías, se debe tener en cuenta estos aspectos; es de suma importancia el saber con la mayor certeza el consumo de energía eléctrica medio diario, otra característica a saber es el tiempo que soportará el sistema en proveer de energía eléctrica con la ausencia de generación eléctrica, por último es importante conocer el porcentaje mínimo de carga de las baterías (Clemente, 2014).

Por lo que es fundamental contar con los componentes de almacenamiento de energía eléctrica o baterías, para tener un sistema fotovoltaico aislado, tomando en cuenta que es necesario el realizar los diferentes cálculos para determinar su cantidad y capacidad, ya que las baterías tienen un alto coste en el mercado.

Figura 6. **Batería cargada y descargada correspondientemente**

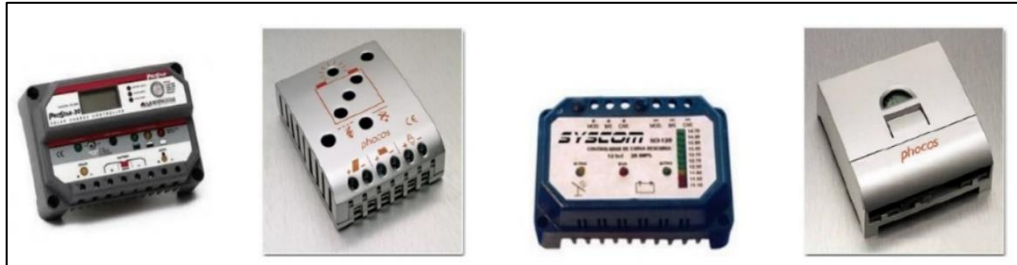


Fuente: Escalante, (2020). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico y fototérmico*.

### 7.2.3. Regulador de carga

Caicedo (2020) recomienda que siempre que se cargan baterías de ciclo profundo con paneles solares se hace indispensable el uso de un controlador de carga en el circuito para proteger la batería, esto se comprende, ya que las baterías para los sistemas fotovoltaicos encarecen los proyectos, por lo que cuidar de estos dispositivos es importante para la viabilidad de estos proyectos.

Figura 7. **Controladores de carga**



Fuente: Bautista, (2013). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico y fototérmico para el desarrollo de prácticas en la U.T.P.*

#### **7.2.4. La carga**

La carga en un circuito eléctrico son los diferentes componentes a los cuales se les suministrará energía eléctrica, en este caso la carga en el sistema fotovoltaico aislado serán todas las iluminarías y los componentes de este sistema fotovoltaico para su funcionamiento, por lo que es muy importante el saber este dato, ya el dimensionamiento del sistema fotovoltaico aislado se diseñará a partir de este dato.

#### **7.2.5. Sistema fotovoltaico aislado**

García, Sepúlveda y Ferreira (2018) definen como instalaciones aisladas una forma de generar electricidad para un consumo autónomo independiente de la red eléctrica. Dicho esto, las baterías son cruciales para para este tipo de instalaciones.

Se entiende del párrafo anterior que toda instalación aislada quiere decir que está desconectado del servicio eléctrico.



Según Clemente (2014) un sistema fotovoltaico aislado o autónomo es denominado auto abastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación, la función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico, la corriente producida por el módulo fotovoltaico es continua a un voltaje que generalmente es de 12 V, dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24 V o 48 V.

En el artículo titulado Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico en una planta de tratamiento de agua, define como instalaciones aisladas de esta forma:

Las instalaciones fotovoltaicas aisladas son una forma de generar electricidad para un consumo autónomo independiente de la red eléctrica, la energía generada captada durante las horas de sol se almacena en baterías, desde donde se inyecta a la red de consumo, sus aplicaciones son muy variadas: alumbrado público, electrificación de zonas rurales, alimentación eléctrica en viviendas situadas en lugares de difícil acceso, entre otras. (García, Sepúlveda, y Ferreira, 2018, p. 49)

Para realizar un sistema fotovoltaico aislado es necesario el estudio técnico para determinar la capacidad y la cantidad de las baterías a utilizar, ya que estos sistemas están desconectados de la red eléctrica, las baterías deben de suministrar energía eléctrica cuando no haya radiación solar, además de suministrar energía al sistema mismo, esto porque los componentes de cualquier sistema fotovoltaico necesitan de energía eléctrica para funcionar.

### **7.2.6. Convertidores de potencia**

Los convertidores de potencia son dispositivos que convierten una forma de energía a otra forma de energía, los tipos más habituales de conversión de energía eléctrica son: los convertidores CD a CD, los cuales los podemos encontrar como reductores, elevadores o reductores-elevadores, los convertidores CA a CD, siendo estos rectificadores o fuentes de alimentación conmutadas, los convertidores CD a CA, aplicados como inversores, los convertidores CA a CA, estos como transformadores/autotransformadores o conversiones CA-CA, y por ultimo los convertidores de tensión a corriente y viceversa (Escalante, 2020).

### **7.2.7. Energía eléctrica**

Clemente (2014) define energía eléctrica orientada en el tema de un sistema fotovoltaico como el producto del movimiento de la carga eléctrica (electrones) a través de un conductor por la diferencia de potencial que el generador fotovoltaico ofrece en sus extremos.

## **7.3. Prefactibilidad**

El libro Preparación y Evaluación de Proyectos define prefactibilidad como:

La prefactibilidad se profundiza, principalmente en información de fuentes secundarias para definir con cierta aproximación, las variables principales relativas al mercado, a las alternativas técnicas de producción y a la capacidad financiera de los inversionistas, entre otras, en términos generales, se estiman las inversiones probables, los costos de operación

y los ingresos que demandará y generará el proyecto, proyectándose las cifras. (Sapag, Spag y Sapag, 2014, p. 8)

Mencionado lo anterior debemos de tener en cuenta que un estudio de prefactibilidad hace una investigación, siendo la información proveniente de fuentes secundarias y con aproximación en la información, caso contrario de un estudio de factibilidad, donde la información proviene de fuentes primarias y se realiza sobre antecedentes precisos.

### **7.3.1. Estudio de mercado**

El estudio de mercado realiza un análisis acerca de la población, en este caso la población en la finca San Ricardo, se analiza la información que tiene la población con respecto al tema de un proyecto con las características planteadas, tanto el conocimiento acerca del producto, como su posición al consumir el producto o servicio.

El libro titulado Inteligencia de Mercados, define un estudio de mercado como:

Un estudio de mercados se origina ante la necesidad del gerente por minimizar los riesgos comerciales del bien o servicio que trabaja, o piensa trabajar, el conocimiento del mercado potencial, los términos de ventas utilizadas, la posición competitiva de productos y los de la competencia, y otros aspectos similares, le permiten elaborar planes que respalden la operación comercial en un periodo de tiempo determinado, la inteligencia o estudio de mercados es un proceso de exploración de las variables que indican el comportamiento actual y la tendencia de la oferta, demanda, precios de un producto a nivel global o en nichos específicos de

mercado, es un mecanismo de información y monitoreo estratégico que relaciona variables de marketing utilizando para ello diversas metodologías y herramientas que optimicen la toma de decisiones gerenciales o en el proyecto planteado. (Benral, 2017, p. 17)

En un estudio de factibilidad debe de analizar como prioridad los temas de localización, el tamaño y el proceso técnico, esto para llevar de mejor forma la presentación del producto o servicio, en este caso un proyecto (Núñez, 1997).

### **7.3.2. Estudio financiero**

El estudio financiero se realiza analizando los datos de inversión y gastos, esto para realizar un estudio sobre la rentabilidad del proyecto, en otras palabras, analiza si es viable el proyecto.

Para el análisis financiero se tomará en cuenta lo que conlleva la inversión, así como los costos por operación y mantenimiento a lo largo del tiempo. Esto con el fin de llevar a cabo la decisión de viabilidad del proyecto.

Una matemática financiera que llevara estos conceptos:

- TIR (tasa interna de retorno)
- VAN (valor presente neto)
- B/C (relación beneficio costo)

El cálculo de los conceptos anteriores, determinan si el proyecto es viable y factible lo que genera seguridad de inversión. Asimismo, durante todo el proceso de planeación, control y ejecución del proyecto, la atención personalizada debe considerarse qué representa un valor agregado durante la

etapa de reconocimiento y aceptación en el mercado adicional a una propuesta innovadora y creativa.

En esta parte se cuantificarán las inversiones que demandará el proyecto: capital de trabajo, terrenos, obra física, equipos, pérdidas operativas y las fuentes de recursos que se utilizarán para financiar la operación.

Se debe tomar estas consideraciones para evaluar la viabilidad en un estudio financiero:

- Se calcularán los ingresos que generará el proyecto con base en los precios y demanda definidos en el estudio de mercado.
- Se consolidan los costos de operación por diferentes rubros, el establecimiento de los costos fijos y variables y el punto de equilibrio.
- Se analiza el flujo de efectivo, la viabilidad y rentabilidad del proyecto mediante herramientas de valuación que consideran el valor del dinero en el tiempo.

Se realiza la evaluación del proyecto considerando la relación beneficio/costo de la inversión del proyecto.

### **7.3.3. Tiempo de recuperación**

El tiempo de recuperación de inversión de un proyecto por lo general oscila de 3 a 5 años, es decir la inversión genera rentabilidad en el corto plazo, siendo un proyecto atractivo para el inversionista. De acuerdo con el análisis financiero

del proyecto se determina si un proyecto es viable y factible, lo que da el cumplimiento a lo proyectado.

#### **7.3.4. Estudio técnico del proyecto**

Mencionan Sapag, Spag y Sapag (2014) que un estudio técnico del proyecto tiene el siguiente objetivo proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área.

El libro Evaluación financiera de Proyectos acerca del estudio técnico en un proyecto menciona que:

Con el estudio técnico se pretende verificar la posibilidad técnica de fabricación del producto, o producción del servicio, para lograr los objetivos del proyecto, la razón de realizar un estudio técnico es conocer la posibilidad de producir, implementar y vender un proyecto, servicio o producto, con las características que tenga, para lograr esto es importante saber las tecnologías, procesos, equipos, materias primas y las personas que participaran en proceso, el estudio técnico debe ir de la mano con el estudio de mercado, esto es ya que la producción se realiza para satisfacer a la población analizada con el estudio de mercado, el estudio técnico es realizado por expertos en el campo objetivo del proyecto de inversión (ingenieros, técnicos, arquitectos, y otros) y propone definir alternativas técnicas que permitan lograr los objetivos del proyecto y se constituye en una de las etapas de la prefactibilidad que mayor atención requiere esto ya que toda la arquitectura financiera del proyecto, que corresponde a la estimación de inversiones, costos e ingresos está montada sobre sus resultados. (Meza, 2011, p. 12)



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO REFERENCIAL

- 1.1. Estudios previos (recientes)
- 1.2. Antecedentes

### 2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. Energía que proviene del sol
  - 2.1.1. Radiación solar
  - 2.1.2. Radiación directa
  - 2.1.3. Radiación difusa
  - 2.1.4. Irradiación solar
  - 2.1.5. Insolación solar
  - 2.1.6. Radiación de albedo
  - 2.1.7. Efecto fotoeléctrico
  - 2.1.8. Efecto fotovoltaico



- 2.2. Sistemas fotovoltaicos
  - 2.2.1. Paneles solares
  - 2.2.2. Baterías
  - 2.2.3. Regulador de carga
  - 2.2.4. La carga
  - 2.2.5. Sistema fotovoltaico aislado
  - 2.2.6. Convertidores de potencia
  - 2.2.7. Energía eléctrica

- 2.3. Prefactibilidad
  - 2.3.1. Estudio de mercado
  - 2.3.2. Estudio financiero
  - 2.3.3. Tiempo de recuperación
  - 2.3.4. Estudio técnico del proyecto

### 3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5. ANÁLISIS DE COSTOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

## **9. METODOLOGÍA**

Al ser un estudio de prefactibilidad, se utilizarán fuentes de información secundarias con una cierta aproximación y si lo requiere fuentes primarias más precisas, la profundidad del estudio no es tan alta como lo sería un estudio de factibilidad, donde en ese caso las fuentes de información son primarias, la investigación presentada es del tipo no experimental, esto es porque las variables no se manipularán para realizar la investigación, además tendrá un alcance descriptivo.

### **9.1. Tipos de estudio de investigación**

El enfoque del estudio es mixto, ya que se analizarán variables cuantitativas y cualitativas, ya que se medirán variables cuantitativas como la irradiación, potencia necesaria del sistema fotovoltaico, ubicación geográfica y las variables del estudio financiero y de huella de carbono. Por otro lado, se medirán variables cualitativas como el nivel de conocimiento de la población acerca de los proyectos solares, nivel de aceptación en implementar un sistema fotovoltaico asilado en el salón comunal.

El alcance es descriptivo, dado que solo se analizará la prefactibilidad de implementar un proyecto de estas características, analizando el dimensionamiento requerido para satisfacer las necesidades con las características de irradiación que existe en el sector, estudiar el posible impacto en la población y su impacto ambiental.

El diseño adoptado será no experimental, pues que no se manipularán las variables, analizando la irradiación en el sector y necesidades actuales.

El presente estudio de investigación es de tipo cuantitativa-descriptiva, la investigación evaluará la prefactibilidad de un proyecto de energía solar de estas características, sobre todo en la parte financiera y evaluar la viabilidad de este proyecto en nivel de prefactibilidad

Tabla I. **Variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>
Irradiación	Cantidad de radiación por metro cuadrado en el sector.	Se utilizará el software NASAPOWER y se mide por W/m <sup>2</sup>
Potencia Necesaria	Potencia eléctrica requerida para hacer funcionar los circuitos de iluminación.	Se realizará una auditoría eléctrica y se medirá en W.
Huella de carbono antes del proyecto	Gases de efecto invernadero que se generan directa e indirectamente en la actualidad.	Se utilizará una calculadora de huella de carbono y se mide en Kg.
Huella de carbono después del proyecto	Posibles gases de efecto invernadero que se generan directa e indirectamente al implementarse el proyecto.	Se utilizará una calculadora de huella de carbono y se mide en Kg.
Relación Beneficio-Costo (B/C)	Es la comparación de todos los beneficios económicos y los costos del proyecto.	Se calculará por año todos los beneficios que tendrá el implementar el proyecto y todos los gastos de implementación y sus mantenimientos,

Fuente: elaboración propia.

## 9.2. Fases de investigación

Para la investigación se desarrollaron las siguientes fases de investigación.

### **9.2.1. Primera fase (revisión bibliográfica)**

Esta fase contará con el trabajo necesario para recopilar toda la información requerida, información que sustenta cada uno de los estudios de la prefactibilidad, así como los diferentes diseños de proyectos de sistemas fotovoltaicos.

### **9.2.2. Segunda fase (recopilación de datos de campo y documentación)**

En esta segunda fase, se realizará la recolección de datos en el sector, al realizar el estudio de mercado es necesario conocer las diferentes opiniones de los habitantes del sector, así como su organización administrativa, para esto es necesario trabajar con encuestas y con contar con comunicación con la junta directiva de la comunidad, además de los datos técnicos y ambientales requeridos para realizar la evaluación técnica del proyecto.

### **9.2.3. Tercera fase (evaluaciones y análisis)**

En la tercera fase se realizará las distintas evaluaciones y análisis para construir el estudio de mercado, técnico, financiero y análisis de impacto ambiental.

El estudio de mercado identificará con tablas y gráficas el nivel de conocimiento y aceptación de los habitantes en ejecutar el proyecto.

El estudio técnico se determinará la dimensión, ubicación y procesos técnicos y logísticos para realizar el proyecto, se realizará el diseño del proyecto

tomando en cuenta todas las condiciones y necesidades para ejecutar un proyecto fotovoltaico aislado optimizado.

El estudio financiero identificará y cuantificará las inversiones para implementar el proyecto, se realizará estudios de la tasa interna de retorno, valor presente neto y la relación beneficio costo, estudios importantes para determinar la prefactibilidad del proyecto.

El análisis de impacto ambiental se realizará con describir las oportunidades que generarán un proyecto de esta naturaleza y calcular la huella de carbono que usaría este proyecto comparado al usar una generadora diésel.

#### **9.2.4. Cuarta fase (análisis e interpretación de resultados)**

Siendo un estudio de prefactibilidad, todos los datos recopilados, la documentación encontrada y los estudios realizados para analizar e interpretar los alcances que tiene un proyecto con estas características.

Esto quiere decir que, habiendo realizado el estudio de mercado, el análisis financiero, la evaluación técnica, el impacto que tendrá el proyecto en la sociedad y en el medio ambiente, además de conocer el alcance administrativo y legal necesario, contaremos con lo necesario para analizar y determinar la prefactibilidad del proyecto.

## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el análisis de la evaluación técnica se hará uso de estadística descriptiva, utilizando promedios para la determinación de la radiación solar media y con apoyo de gráficos y tablas.

Se contará con un paquete de ofimática para utilizar como herramienta principal las hojas de cálculo, programa que nos brinda una gran cantidad de funciones, como el realizar tablas, gráficos y cálculos estadísticos que podrán ser analizados en cada estudio requerido en esta investigación.

Para realizar los análisis financieros a nivel de prefactibilidad, se utilizará el programa de ofimática de hojas de cálculo, las herramientas a usar para identificar, cuantificar y luego analizar en el tema financiero son:

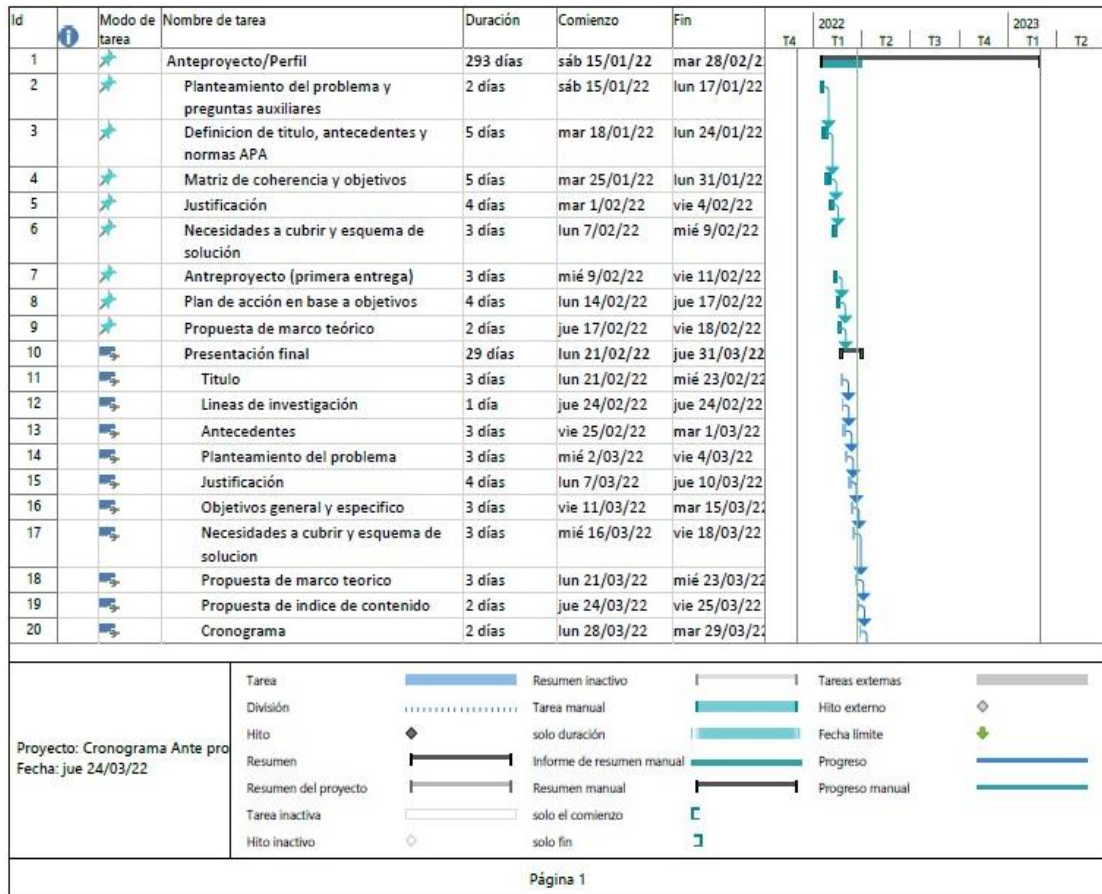
Para el análisis de la evaluación financiera se hará uso de análisis de costo beneficio para poder comparar el beneficio de poder realizar el diseño propuesto para el cumplimiento de los parámetros de descarga de agua residual. Se utilizará indicadores financieros como lo son los siguientes:

- VAN (valor presente neto)
- TIR (tasa interna de retorno)
- B/C (relación beneficio costo)



# 11. CRONOGRAMA

Figura 8. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project.





## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En la siguiente tabla se muestran los diferentes recursos necesarios para realizar este diseño de investigación, algunos de estos recursos son propios del investigador, por lo que el presupuesto necesario para financiar este proyecto no es alto.

Tabla II. Presupuesto propuesto

Recurso	Detalle	Fuente del Recurso	Cuantificación
Humano	Investigador, Asesor y Encuestador	Propia	Q200 pago al Encuestador y Q1500 de retribución al asesor
Financiero	Gastos de electricidad, internet, gasolina y alimentación	Propia	Q2,500
Software	Paquete de ofimática	Licencia de software proporcionada por la Universidad De San Carlos De Guatemala	1 Licencia de Software
Acceso a información	Información pública	No aplica	La necesaria para realizar los estudios.
Artículos varios	Cuadernos, lapiceros y hojas.	Propia	Q100
Equipo tecnológico	Telefono celular y Computadora	Propia	No aplica ya que cuento con este equipo
Permisos	Acceso a planos del salon comunal y a la finca	Junta Directiva de la comunidad de San Ricardo	La necesaria para realizar los estudios.
Imprevistos (10%)	Se consideró un 10% del total necesario para realizar los diferentes estudios	Propia	Q430
		<b>Total</b>	<b>Q4,730</b>

Fuente: elaboración propia.

Analizando los recursos con lo que se cuentan y los costos necesarios para adquirir en su totalidad los recursos requeridos para realizar esta investigación, se considera que es factible la realización de esta investigación.

### 13. REFERENCIAS

1. Bautista, S. (2013). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico y fototérmico para el desarrollo de prácticas en la U.T.P.* (Tesis de maestría). Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Puebla, México. Recuperado de <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/442>.
2. Benral, S. (2017). *Inteligencia de mercados*. Bogotá, Colombia: Fondo editorial Areandino.
3. Caicedo, E. (Agosto de 2020). Diseño de iluminación solar fotovoltaico para el campo deportivo multipropósito en la udfjc sede famarena. *Boletín Semillas Ambientales*, 14(1), 144. Recuperado de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/16808>.
4. Cardozo, D. y Sánchez, K. (Junio de 2017). Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para la generación de. *Gestión Ingenio Y Sociedad*, 2(1). Recuperado de <http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/43>.
5. Contreras, M. (2018). *Impacto de las energías renovables en el bienestar del poblador jacto del distrito de ascensión huancavelica 2016*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. Recuperado de <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8675736d-0b50-4eba-9b83-369e1dc2338c/content>.

6. Chercca, J. (2014). *Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural La gramita de Casma*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1694>.
7. Clemente, W. (2014). *Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas altoandinas*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. Recuperado de <https://docplayer.es/84759135-Tesis-optimizacion-del-sistema-solar-fotovoltaico-para-la-generacion-de-energia-electrica-en-viviendas-aisladas-altoandinas.html>.
8. Escalante, M. (2020). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Aislado de la Red Eléctrica Orientado al Sector Doméstico*. Cuernavaca, México: Tecnológico Nacional de México. Recuperado de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/2948>.
9. Gándara, N. (15 de enero, 2021). 7 de cada 10 guatemaltecos compraron a empresas locales vía electrónica. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/economia/7-de-cada-10-guatemaltecos-compraron-a-empresas-locales-via-electronica/>.
10. García, J., Sepúlveda, S. y Ferreira, J. (Enero de 2018). Viabilidad técnico-económica de un sistema fotovoltaico en una planta de tratamiento de agua. *INGE CUC*, 14(1), 41-51. Recuperado de <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.04>.

11. Lagos, F. (2015). *Sistema Fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica en el servicio de alumbrado general de Condominios*. Huancayo, Perú: Handle. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3926>.
12. Meza, J. (2011). *Evaluación financiera de Proyectos*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
13. Núñez, E. (1997). *Guía para la preparación de proyectos de servicios públicos municipales*. México: Instituto Nacional de Administración Pública, A.C.
14. Peñafiel, J. y Silva, J. C. (2012). *Nálisis, diseño e implementación de un sistema de energía auxiliar automatizado para colectores solares y calefones en el uso racional y eficiente de energía*. (Tesis de licenciatura). escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Recuperado de <https://1library.co/document/r38x3py-analisis-implementacion-energia-auxiliar-automatizado-colectores-calefones-eficiente.html>.
15. Salto, Á. B. (2018). *Análisis de factibilidad para el uso de la energía fotovoltaica aislada en sistemas de iluminación en la Comunidad Puntahacienda de Quingeo*. (Tesis de licenciatura). Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/8210>.
16. Sapag, N., Spag, R. y Sapag, J. (2014). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

17. Young, H. y Freedman, R. (2013). *Física Universitaria Con Física Moderna*. México: Addison-Wesley.